



Solving the core-cusp problem of cold dark matter halos and the origin of their observational universalities

著者	扇谷 豪
その他のタイトル	コールドダークマターハローのコア-カスプ問題の解決とその観測的経験則の起源
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2013
報告番号	12102甲第6804号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00122298

氏 名 (本 籍 地)	扇谷豪 (富山県)
学 位 の 種 類	博 士 (物理学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 6804 号
学位授与年月日	平成26年 3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審 査 研 究 科	数理物質科学研究科
学 位 論 文 題 目	

Solving the core-cusp problem of cold dark matter halos and the origin of their observational universalities

(コールドダークマターハローのコア-カusp問題の解決とその観測的経験則の起源)

主	査	筑波大学教授	理学博士	梅村雅之
副	査	筑波大学教授	理学博士	中井直正
副	査	筑波大学講師	博士(理学)	吉川耕司
副	査	筑波大学教授	工学博士	朴泰祐
副	査	甲南大学教授	博士(理学)	須佐元

論 文 の 要 旨

The present standard paradigm for the structure formation in the universe is called the cold dark matter (CDM) model. It is widely accepted since the predictions are excellently matched to the observational results on large scales. However, on scales smaller than about 1Mpc, some serious discrepancies between CDM predictions and observations have been discussed for two decades and are so called the small scale crises. According to the CDM cosmology, small and less-massive systems gravitationally collapse and form early. Larger and more massive systems are formed through mergers among smaller ones. Therefore, it is important to study the properties of dark matter (DM) halos surrounding small galaxies to understand the formation processes of galaxies and DM halos.

The main research target of this thesis is one of the small scale crises, the core-cusp problem. It is well known as a mismatch of the central density distribution between simulated halos and observations. Recent observations of nearby dwarf galaxies and low surface brightness galaxies have revealed that the density profile of the DM halo is almost constant at the center of such galaxies. In contrast, cosmological N-body simulations based on collisionless CDM have always predicted a steep power-law mass-density distribution at the center of CDM halos. This discrepancy is the core-cusp problem of the CDM scenario. Mr. Ogiya studies the dynamical response of DM halos to change in gravitational potential induced by stellar feedback by using numerical simulations and constructing an analytical model. In the process, he also finds an interesting relation between the scenario of the cusp-to-core transformation and the observational laws.

審 査 の 要 旨

〔批評〕

宇宙の構造形成に関する標準理論となっているコールドダークマターモデルでは、ダークマター(DM)ハローは、中心部で質量密度が発散する(カスプ)構造を持つと予言される。一方で、矮小銀河の観測では中心密度は一定(コア)であることがしばしば報告されており、この矛盾はコア-カスプ問題として知られている。また、最近の天の川銀河周辺の矮小楕円体銀河の観測によって、いずれの銀河に付随する DM ハローでも、中心 300pc 以内にほぼ同一質量を持つという不可思議な事実が報告されている。さらに、DM ハロー中心部の質量柱密度が一定値であるという観測結果も得られている。

本論文では、コア-カスプ問題を解決するための理論モデルとして共鳴モデルを提案した。そこでは周期的な星形成史を持つ銀河を仮定し、バリオンの重力場が周期的に変動した場合に、ガスの密度波とDM粒子間で発生する共鳴現象によりDMハローは効率的にエネルギーを獲得し、カスプからコアへの遷移が起こることを明らかにした。そして、最先端のスーパーコンピュータを駆使した精密な数値シミュレーションを精力的に行うことにより、そのモデルの正当性を検証することに成功した。さらに、モデルの自然な帰結として上で述べた二つの観測的経験則を同時に説明することができることを示すことにも成功した。この結果は、ダークマターハローの進化過程を明らかにしたのみならず、銀河形成史の解明において重要な知見を与えるものであり、その学術的価値は高く評価される。

〔最終試験結果〕

平成 26年 2 月21日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(物理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。